

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-504124

(P2000-504124A)

(43) 公表日 平成12年4月4日 (2000.4.4)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|-------------|
| G 0 2 F 1/035 | | G 0 2 F 1/035 | |
| G 0 2 B 6/17 | | G 0 2 B 6/16 | 3 1 1 |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 24 頁)

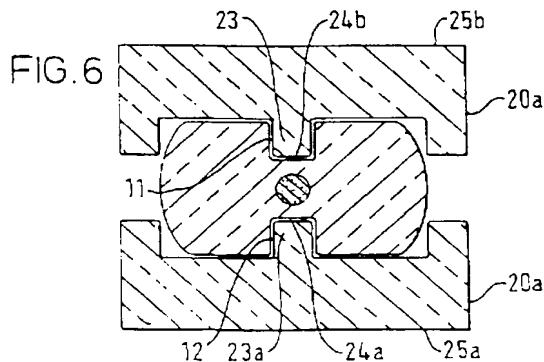
(21) 出願番号 特願平9-527415
(86) (22) 出願日 平成9年1月30日 (1997.1.30)
(85) 翻訳文提出日 平成10年6月30日 (1998.6.30)
(86) 国際出願番号 PCT/GB97/00266
(87) 国際公開番号 WO97/28481
(87) 国際公開日 平成9年8月7日 (1997.8.7)
(31) 優先権主張番号 96300638.2
(32) 優先日 平成8年1月30日 (1996.1.30)
(33) 優先権主張国 ヨーロッパ特許庁 (EP)
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), JP, US

(71) 出願人 ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド・カンパニー
イギリス国、イーシー1エー・7エージェイ、ロンドン、ニューゲート・ストリート 81
(72) 発明者 カシャップ、ラマン
イギリス国、アイビー4・3エヌユー、サフォーク、イプスウィッチ、ハンパー・ドゥーシー・ロード 79
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】 光導波路構造

(57) 【要約】

光ファイバには長手方向に延びる溝 (11, 12) が作られていて、それがクラッド領域 (2) を通ってコア (3) に向かって延びている。この溝がガラスで作られた電極構造 (20a, b) を受入れ、この構造には凸縁 (トング) (23a, b) があって溝にはめ合い、その上には金属電極ストリップ (24a, b) が形成されている。このストリップ (24a, b) の間に印加された電位差がコア内に電子光学効果を誘起できる。



【特許請求の範囲】

1. コアとコアの周りのクラッドとを含む延在する導波路本体とを有し、該本体は長手方向に延びる第1と第2の領域を含む外側表面を有しており、該第1の領域は該第2の領域よりもコアに近いものであり、さらにコアをまたいで電界を加えるために該第1の領域上に電極手段を備えて成る光ファイバ導波路構造。

2. 前記本体の外側表面は長手方向の溝を含み、かつ前記第1の領域がこの溝内部にある請求項1記載の構造。

3. 前記溝はクラッド内にコア内には達することなく延びて、コアをまたいで前記電界を加えるために電極手段が置かれるようにした請求項2記載の構造。

4. 前記電極手段は第1の領域上の導電層を含む請求項1ないし3のいずれか1項記載の構造。

5. 前記電極手段は溝内に延在する電極支持体と、その長さに沿って延びる支持体上の導電領域とを含む請求項2又は3記載の構造。

6. 前記支持体は延在する本体部材としてその長さに沿って前記溝内にはめ合う直立した凸縁を備えたものを含む請求項5記載の方法。

7. 前記支持体はガラスで作られ、また導電領域はガラス上に形成された金属のコーティングを含む請求項5又は6記載の構造。

8. 前記導波路は横断面内に相対的に広幅の寸法(b)を第1の方向に、また相対的に狭幅の寸法(w)を第1の方向とは直角方向に延びる第2の方向にもち、かつ前記溝はクラッドの外側からコアに向けて該第2の方向に内側に延びている請求項2ないし7のいずれか1項記載の構造。

9. 前記第1の方向の広幅の寸法(b)は約250 μ mであり、前記狭幅の寸法(w)は約100 μ mであり、前記溝は約30 μ mの深さをもつ請求項8記載の構造。

10. 前記溝として第1と第2の溝と、それぞれの溝の中に前記電極手段の第1と第2のものとがあり、コアは両電極手段の間に置かれている請求項2ないし9のいずれか1項記載の構造。

11. 前記外側表面は外部表面として導波路の長手方向に延びる平面状の表面領域と、対向する平面状領域の間に延びるほぼ円筒状の表面領域とを含むものを

備え、前記溝は該平面状領域内にそれぞれ置かれていてコアに向って延びている請求項10記載の構造。

12. 前記クラッドの外側平面は長手方向の表面領域と、対向する平面状領域間に延びているカーブしたほぼ円筒状の表面領域と、コアに向かってそれぞれが延びるようにされている該平面状領域内に形成された電極受入れ用溝とを含む請求項10記載の構造。

13. 前記導波路はコアを作るためにドープされたシリカガラスで形成されている請求項1ないし12のいずれか1項記載の構造。

14. 前記コアドープメントとしてはGeとEとを含む請求項13記載の構造。

15. 位相変調器として動作するように構成されている請求項1ないし14のいずれか1項記載の構造。

16. 単一モード伝送として動作可能な請求項1ないし15のいずれか1項記載の構造。

17. その一端で他の光ファイバ導波路と接続している請求項1ないし16のいずれか1項記載の構造。

18. 前記接続は熔融スプライスで成る請求項17記載の構造。

19. 前記ファイバ内にグレーティングを含む請求項1ないし18のいずれか1項記載の方法。

20. 導波路クラッドを形成するための材料により囲まれた導波路コアを形成する材料を備えたプレフォームを用意し、このプレフォームが第1と第2の領域を含み、該第1の領域が該第2の領域よりもコア材料の近くにあるような外側表面をもつようにすることと、

このプレフォームとほぼ同じ断面構成をもつが長く延び横寸法が小さくなった光ファイバ導波路を作るためにプレフォームを引いて第1と第2の領域がその長さの方向に延在するようにすることと、

該外側表面の第1の領域上で長手方向に延びる電極を用意することとで成る導波路構造の製作方法。

21. 請求項20に記載された方法により作られた光ファイバ導波路。

22. 電子光学効果を示すように有極性状態に光励起された材料を含み、長手

方向の外側表面を有する延在するほぼ円筒状の光を伝えて導波路本体と、

該導波路本体に電界を加えて前記電子光学係数を変えるための電極手段とを含み、

長手方向の外側表面には少なくとも1つの長手方向の溝が含まれており、また該電極手段は該溝内に置かれていて、導波路本体にその長さに沿って電界を加えるようにされている光導波路構造。

【発明の詳細な説明】

光導波路構造発明の分野

この発明は光導波路構造であって、電子光学効果を得るために電界を印加することができ、かつ光ファイバへの特別な応用ができるものに関する。

背景

リチウムナイオバートは印加電界に応答してその光学特性を変え、電子光学変調器もしくは非線形光学素子として、とくに光ファイバ内で使用できることが知られている。しかしながら、いくつもの問題点があり、とくに標準ファイバと接続されたときの大きな接続（結合）損失と光屈折損傷しきい値が低いこととがあり、これがガラス状材料の電子光学効果、とくにシリカについての研究を刺激した。

熱的な支援を加えたシリカのポーリング（*po l i n g*）がバルクのシリカと光ファイバの両方に電子光学係数をもたらすことが知られており、参考文献としてL.Li & D.N.Payne "Permanently-Induced Linear Electro-Optic Effect in Silica Optical Fibres" ,Dig.Conf.Integrated and Guided Wave Optics,1989,OSA,Parer TuAA2-1(1989)をあげる。しかし、このやり方でもたらされた係数は十分に大きくはなく、実用デバイスを組立てることはできない。

最近になってゲルマノシリケートファイバで光感応性を紫外（U. V.）光に対してもつものが入射紫外線によって光励起されて、リチウムナイオバートと比較できる電子光学係数を作り出すことができることが見つけられた。参考文献として、T.Fujiwara,D.Wong,Y.Zhao,S.Fleming,V.Grishina & S.Poole, "UV-Excited Poling and Electrically Tunable Bragg Grating in Germanosilicate Fibre" ,Postdeadline Paper OFC'95(Feb'95)をあげる。このU. V. 技法はファイバ内にグレーティングや他の構造を書込みできるようにする点で熱的ポーリングよりも著しい別の特徴を備えている。

ファイバに対して十分大きな印加電界を得るために、以前に提案されたのは従来形のゲルマノシリケートファイバであって比較的大きな屈折率をもつGeをドーピングしたコアが比較的小さな屈折率のSiO₂クラッド層によって囲まれた構成

のものを變形して、クラッド層内に延在する開口（アパーチャ）を備えるようにし、そこに電極を受け入れて、金属線がコアに両側でほぼ平行に走るようにするものであった。電極をコアに近づけてクラッド層内部に置くことにより、十分に高い電界がコアをまたいで生じ、コアの屈折率内に変化がもたらされる。参考文献としてS.C.Fleming, T.Fujisawa and D.Wong "UV Excited Poling of Germanosilicate Fibre" OSA'95 Photosensitive non-linearity in Glass waveguides—Fundamentals and Applications, OSA Technical Digest Vol.22 1995がある。このファイバは、1対の孔がプレフォームの端面でコアに近いところにしかも互にコアを横切って直径方向に位置してあけられて、組立てがされていた。このプレフォームは次に通常のやり方でファイバに引かれてファイバを形成し、コアの直径が $8\mu\text{m}$ 、電極を受入れる開口間の間隔が $18\mu\text{m}$ となっていた。この開口は直径が $70\mu\text{m}$ 程度であり、また電極ワイヤの直径は $50\mu\text{m}$ 程度であった。電極の長さは1列では6cmであった。

この構造が不具合なのは、形成後のファイバ内に電極が挿入されなければならないことである。電極ワイヤは非常に直径が小さいものであり、したがって取扱いがむづかしい。さらに加えて、構造が非常に小さく、電極については接触の危険を回避するためにデバイスの両端にある開口の外までそれを引き延ばしておく必要があり、したがって長い接続リードを必要とした。ファイバの端面内にリードを入れることは通常の光ファイバとこのファイバとをスプライスするのを非常に困難とし、光回路内に直接には取り込めなくする。通常のやり方のスプライスに使用できず、その理由は必要とされる熱が孔の中の空気を膨張させ、ひずみを生じさせ、熱軟化したファイバのガラスを破損する原因となることである。また、孔は電極ワイヤがはめ込まれるにはそれよりも大きな直径である必要があり、その結果、ファイバのコアから一定の距離に保てないことになる。これが使用の際に、ファイバに沿って加えられる電界の不均一を生じさせる。

ファイバのクラッド層の部分的な除去はUS5,265,178で提案されており、変調の目的で光ファイバの近くにドーブしたポリマが置けるようにすることを目的としており、コアに電界を加えるためではない。プレーナ（平面状の）構造で変調用の電極を備えたものが文献 "Low-loss Strain Induced Optical Waveguides i

n Strontium Barium Niobate at 1.3 μ m wavelength ", J.M.Marx et al Appl. Phys.Letts.66(3)January 1995, pp274-276に提案されている。

発明の要約

この発明は、違った、もっと丈夫な構造で先行技術の上述の不都合を克服するものを提供する。

この発明によると、光ファイバ導波路構造であって次の構成のものが提供される：コアとコアの周りのクラッド層とを含む延在する導波路本体と、ただし、この本体には長手方向に延在する第1と第2の領域とを含んだ外側表面があり、この第1の領域は第2の領域よりもコアに近いところにあるとし、またコアをまたいで電界を加えるために第1の領域上にある電極とから成る。

本体の外側表面には長手方向の溝があり、第1の領域がこの溝の中に置かれている。

電極手段は延在する電極支持体であって、溝の中に延びたものと、その長さに沿って延びる支持体上の導電領域とで成る。この支持体は溝の中にはめ合う直立した凸縁（トンク）を備えた延在する本体部材を含んでいる。この本体はガラスで作ることができ、導電領域はこのガラス上に作られた金属のコーティングを含んでよい。

この発明によると、電極は装置中に細線を通す必要がなく、すぐにはめ合いができ、これが製造を大幅に簡単にしている。

代って、電極手段は第1の領域上に、メタライズした層のような、蒸着技法で形成された導電層で構成されてもよい。溝は堆積に対するマスク効果を生じさせるために使用でき、第1の領域上に金属が選択的に形成できるようにする。

この発明による構造はシリカガラスで作られたコアとクラッドとを含む光ファイバ導波路に対して特別な応用があり、この場合にコアはGeかBでドーピングされていて、この構造がU、V、光に対して光感応性を示すようにしている。しかし、この発明は数多くの他の材料システムにも幅広く応用できる。

この発明による構造は位相変調器として有利な使用ができ、十分に小さく作れるので、ファイバ構造は単一モード伝送として動作できるように作られる。こ

の発明による導波路はプレフォームを引いて形成することができ、この発明は導

波路構造を組立てる方法を含み、この方法は：導波路クラッド層を形成するための材料によって囲まれた導波路コアを形成するための材料でプレフォームを準備し、このプレフォームは第1と第2の領域を含む外側の表面を備え、第1の領域は第2の領域よりもコア材料の近くにあり、プレフォームを引いてプレフォームと同じおおよその断面構成をもつが、延びた長さとし、小さくなった横方向寸法をもち、第1と第2の領域はその長さの長手方向に走っているような光ファイバ導波路を作るようにし、また外側の表面の第1の領域に長手方向に延びる電極を用意することで成る。

この発明はこの方法で使うように構成されたプレフォームを含む。

図面の簡単な説明

この発明をより完璧に理解するために、その実施例を上記 Fleming らによって記述された先行技術のデバイスと対比し、添付の図面を参照しながら以下に記述していく。

図1は、先行技術の導波路構造の断面図である。

図2は、図1に示したデバイスの長手方向断面図である。

図3は、この発明による導波路構造を製造するのに使用するためのプレフォームを示す。

図4は、この発明による導波路と関連の電極構造の1つについて短い長さのものの斜視図を模式的に示した。

図5は、図4に示した導波路に対応する導波路の例についての断面の写真である。

図6は、この発明の例による全体の導波路構造の断面図である。

図7は、通常の光ファイバに両端で溶融スプライスされたこの発明によるファイバを示す。

図8は、ファイバの溝内に電極を堆積させる別のやり方を示す。

図9は、電極堆積後に絶縁材料で充填した溝をもつ図8のファイバを示す。

図10は、この発明の光ファイバの別な実施例の断面図で単一のほぼ矩形の溝

をもつものを示す。

図11は、この発明の別な実施例で、フィラメント状電極を含む曲線状の溝を

もつものを示す。

図12は、この発明のテープファイバの断面を示す。

図13は、この発明の別のテープファイバの横断面を示す。

図14は、この発明のファイバの断面図で、同じ側からファイバ内に入る2つの溝のあるものを示す。

詳細な記述

図1と2とを参照すると、従来技術の構造が前掲Flemingらによって開示されたように示されている。シリカ応用ファイバ1は図1では横断面が示されており、コア領域3はコア直径が $8\mu\text{m}$ で、外径が $125\mu\text{m}$ をもつ SiO_2 クラッド層領域2によって囲まれている。クラッド層領域2はコア3よりも小さな屈折率をもち、今日よく知られている方法でコアに沿って光が導波される。コアはまた開口4, 5を含み、それらがファイバの長手方向に走っていて、コアを中心に直径方向に対向した位置にある。この開口は直径が $70\mu\text{m}$ であり、直径 $50\mu\text{m}$ の電極ワイヤ7, 8を受入れている。この導波路構造は図1に示したのと概ね同じ形をしたプレフォームを引いて作られ、開口4, 5は引延し工程の前に孔あけをして作られている。

この導波路構造は電極がコアの近くに置けるという点で利点がある。一例では、孔の間隔は $18\mu\text{m}$ であり、 $100\text{V}/\mu\text{m}$ という高電界強度を得ることができる。

しかしながら、この構造には数多くの難点がある。電極の小直径はそれが機械的に取扱いを非常にむづかしくすることを意味し、開口4, 5内に挿入することがむづかしい。両電極ともに構造の同じ端から延びているのが望ましいが、小直径が原因して、裸の電極ワイヤが互に接触して短絡回路を作るという大きな危険がある。この理由により、図2に示すようにワイヤを反対側に引延ばすことにするのが普通である。この構造の典型的な長さは6cmであり、その結果、ワイヤはこの構造の外部で一緒にされて電源にもってこる必要があり、裸の電極ワイヤ

を外部で張り延す必要があるという、デバイスを実用的でなくする不利益を伴う。また、電極ワイヤを孔の中にはめ込む必要があるので、必然的にゆるゆるとなり、その結果、コアからの間隔がファイバの長さに沿って変化してしまうことになる。

これはファイバの長さに沿ってコアをまたいで加えられる電界が不均一となる結果をもたらす。さらに、通常のファイバに対して、突出している電極を有するファイバをスプライスすることはむづかしい。熔融スプライス法は孔4, 5の中の空気の膨張が原因して問題を生じさせることになり、通常の熔融スプライスに対して使われる加熱によって作られる軟かなガラスを曲げてしまう。

この発明はこういった問題に解決を与える。

図3を参照すると、プレフォームが示されていて、これからこの発明による構造をもつ導波路が作られる。このプレフォームはシリカガラス1のほぼ円筒状のブロックで成り、そこには中央のGeかGeとBをドーピングした領域3が含まれていて、この領域が低ドーパント濃度をもつ領域2によって囲まれた相対的に高い屈折率の導波路コア用の材料となっており、領域2は最終的な導波路の取囲みクラッド層のための材料を用意している。このプレフォームにはミリング加工がされて、対向する平行平面状の表面領域9, 10を形成している。窪んだ溝の領域11, 12が平らな表面領域9, 10からコア領域3に向って延びている。

つぎに、プレフォームは通常の技術によって引き延ばされて光ファイバを形成するようにされ、その短い長さのものを図4の参照番号13で示した。このファイバはプレフォームとほぼ同じ形をしているが、その寸法はプレフォームと比べると長さが延びているのでぐんとかさい。横断面で見ると、このファイバは比較的広幅の寸法 b を第1の方向にもち、また比較的狭い寸法 w を第1の方向と直角の第2の方向にもっている。2つの溝11, 12で深さが d のものが、平らな平面領域9, 10からファイバの長さに沿ってコア3に向って延びており、この溝は幅 e をもつ。溝14, 15の底はコアからそれぞれ f_1 , f_2 だけ離れている。平らな表面領域9, 10はファイバの長さに沿って延びるカーブのついた円筒状表面領域16, 18に接続している。この構造の寸法例を次表に示す。

| パラメータ | b | w | d | e | f_1 | f_2 |
|-------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|
| 寸法 | 250 μm | 100 μm | 30 μm | 26 μm | 9 μm | 15 μm |

この例ではクラッド層材料2の屈折率は1.454であり、コアとクラッド層の屈折率間の差 δn は0.01である。この導波路のサンゲルの写真が図5に示されている。以上のことから、溝11、12の底は光ファイバ導波路本体の第1の表面領域を形成し、また本体の外側表面のその他の部分、すなわち平らな表面領域9、10とカーブした表面領域16、17とが第2の表面領域を形成し、それが第1の表面領域よりもコアから離れて位置していることが分るであろう。この構造は電極が各溝11、12内に、第1の表面領域上でコア3をまたいで置くことができる。さらに、電極はコアから等しくない距離に置けるのであり、望むならば非対称電界を作るために $f_1 \neq f_2$ となっている。

電極構造20の適切な形は図4に示してあり、紫外光に対して透明なガラスで作られた延在する支持体で成り、それがエッチングされ、ミリング加工され、のこぎりの刃状とか他の形に切り込まれて、長く延びた対称のチャンネル21、21を作り、このチャンネルが直立する凸縁(トング)23を規定し、その上には金属のコーティング24が堆積されている。金属のコーティング24はチャンネル21、22の形成に先行して、通常のホテルソングラフイ技術を用いて堆積できる。支持体20は幅が p 、高さが q で、各チャンネル21、22は幅が r 、深さが s である。寸法パラメータの例を次表に示す。

| パラメータ | p | q | r | s |
|-------|--------------|--------------|-------------|------------|
| 寸法 | 5000 μm | 5000 μm | 113 μm | 35 μm |

これから支持体20の凸縁23はその寸法が溝12にはめ合うものであることが分ると思う。

同じような支持体が凸縁を備えて用意されており、この凸縁は溝11にはめ合

うものであり、その構造が図6に断面として示されていて、そこでは電極支持体はそれぞれ20a, bとしてある。図6から分ることは、金属の層24a, bがすぐに溝11, 12内に挿入できて、コアとに近いところに置かれて、それにより電界がその光特性を変えるためにコアをまたいで加えられるようにしている。金属層24a, bは支持体の側端上の外側表面25a, b上にまで支持体20a, bの端で走ることができて、通常の外部接続をとるために外側の接点パッドを作

るようにしている。

この構造を組立てることは記述した先行技術に比べて比較的簡単であり、その理由は、単に構成部品を一組に押し込むだけでよく、以前のように電極を通す面倒な作業がいらないことにある。

前述のように、この構造のコアは紫外光に対して光感应性をもつ。GeかGeとBかでドーピングしたときは、波長244nmで放射に対して光感应性となる。その結果、もし必要であれば、屈折率Braggグレーティングが位相マスクを用いてコア内に書込みできる。参考文献として、G.Meltz et al "Formation of Bragg Gratings in Optical Fibres by Transverse Holographic Method" Opt.Lett. Vol.14, No.15, 15, 823 (1989)。さらにファイバの中に有極性構造が記録できるのであって、それは前提Fujiwaraらの記述したやり方で層24a, bによって形成された電極間に電界を印加して紫外光バクーンを記録することにより可能となる。ファイバポーリング方法の詳細については文献 ("Phase material second-harmonic generation by periodic poling of fused silica" R.Kashyap et al, Appl.Phys.Lett.64(11), 14 March 1994 pp1332-1334; "High second-order nonlinearities in poled silicate fibres" P.G.Kazansky et al, Optics Letters, 15 May 1994, Vol.19, No.10, pp701-703 and "Electro-optic phase modulation in a silica channel waveguide" , A.C.Liu et al, Optics Letters, Vol.19, No.7, 1 April 1994, pp466-468) に記載されている。結果として得られる屈折率グレーティングは電界の印加によって同調をとることができ、電界は金属層24a, bに電圧を加えることによりコアの屈折率を変えることになる。さらに、こ

のデバイスはBraggグレーティングが記録されていないときは位相変調器として使用することができる。印加電界はコアの屈折率を変え、したがってファイバに沿って進行する光信号に対して位相シフトを導入する。これがMach-Zehnder干渉計とかその他の光デバイスの利点と一緒に使用できる。

この発明による構造は、長さの長い状態で製造できるという特長を備えており、例えば50cm以上が作れ、これに対して従来技術では10cmを越えるデバイスを構築することはむづかしかった。

この構造はすぐに通常の光導波路とスプライスでき、図7は図6を参照して記

述したところにより構築されたある長さの導波路構造30が、シリカ応用光ファイバのある長さのもの31、32にスプライスされたものを示す。溶融スプライスが33と34とに当業者によく知られた通常の技法によって形成されている。電極ワイヤ35、36は金属層24a、bに接続され、それが図6を参照して記述した表面25a、bにまで走っている。このようにして、この構造の端は電極ワイヤがなく、すぐに溶融スプライス法により、あるいは通常のバットジョイント技法により光ファイバ31、32に接合できる。図7には、ワイヤ35、36が導波路構造の同じ端で示されているが、両端にあってもよい。

電極構造を形成する別のやり方が図8と9とに示されている。この例では、メタライズした層が溝11、12内に直接形成されている。図8を見ると、金が通常の技術で蒸着されていて、この技術は真空チャンバ（図示せず）内で電力源38により駆動される抵抗ヒータ37を用いる。蒸気は矢印39の方向に進んで第1の表面領域、すなわち溝12の底に堆積がされる。同じような堆積が溝11の底の上にもされる。金の層は溝11、12の側壁上には著しく堆積されずに、平面状の表面9、10上で堆積が生ずる。表面9、10上の層は後にこするとか自己接着性テープを表面にあてて金をリフトオフするとかして取除かれる。こうして、溝11、12は堆積された電極を自己マスクするために使用できる。

ここで図9を見ると、堆積したAu材料で作られたメタライズ層40a、bは溝11、12の底に沿って延びて、電極を用意している。その後、溝は適当な材料41で充填されてもよく、例えばシリコンゴムのような電氣的絶縁組成物が使

われて、誘電破壊やフラッシュオーバーからファイバを保護するようにする。この構成は図4に示したような別個のガラス電極構造がファイバにはめ合わされる必要がないという点で長所となっている。Auに代って他のメタライズ層が使用できることは理解されよう。また、非金属的な導電材料、例えば多結晶シリコンのようなものを使用できる。

たくさんの違った、特殊設計のファイバがこの発明の範疇に入るのであり多数の代りのものを例として記述して行く。

図10を見ると、代ったファイバ断面をもつこの発明が示されており、これは図8と9とを参照して記述した方法で作られた金属の堆積電極43を含んだ単一

の矩形溝42を備えている。第2の電極44は電極43とはファイバ2の反対側の平面状の表面45上に蒸着で形成されている。このファイバは、図3, 4, 5を参照して前述した方法で大きな寸法をもつ対応する形のプレフォームから引かれたものと理解できよう。第2の電極44の縁端はファイバのカーブした表面16, 17を選択的にこすって、そこから堆積されている金属材料を取除いて、表面45上に金属材料を選択的に残すようにしている。代って、適当な通常のマスク用技法を蒸着プロセスの際に使用してよい。

図11を見ると、ファイバの別な形態が示されており、これは図10のものと似ていて、一番下の電極44は平面状の表面45上に前述の方法で形成されている。しかしながら、溝46は概ねカーブした断面をもち、電極47はフィラメント状の素子で作られていて、それが溝46内部に物理的にはめ合うようになっている。この素子47のはめ合わせは先行技術の場合よりもずっと単純であり、その理由は、素子を開口に通すということが実際は必要なく、それに代って、ファイバの外側から溝46内に置けば良いことである。さらに、唯一つだけのフィラメント素子47が使用されるので、他の電極44に触れるという可能性が著しく減っている。

図12を見ると、テープの形体をした光ファイバであり、その断面幅寸法 $w = 50 \mu\text{m}$ 、広がり寸法 $b = 1 \text{mm}$ である。このテープファイバには長手方向の溝47, 48があり、それが導波路本体の外側表面からファイバのコア3に向って

延びており、それが両側にある。各溝47, 48の底は金属性の堆積された層49, 50で覆われて、電極が作られており、それがコア3をまたいで電界が印加されるようにしている。図12に示すのと少し違い、コアは電極49, 50の間で非対称に置かれていてよい。コア直径の典型例は8 μ mである。

代りの配置が図13に示されており、ここではテーパーファイバが図12に示したのと同じ寸法をもっているが、溝を作る代りに、電極が導波路の外側本体上に形成されたクライズ層51, 52で成り、層51, 52が作られた第1の表面領域53, 54は層51, 52が作られていない対向する領域55, 56よりもコアに近い。コア2は電極51, 52の間に非対称に置かれている。

図14を見ると、別の光ファイバ導波路断面が示されていて、そこには平坦な

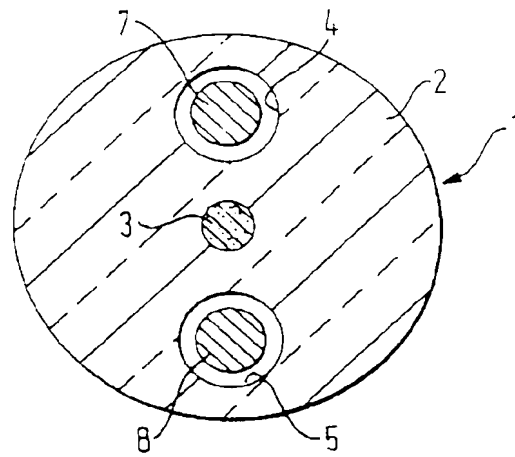
表面45で図11に示した表面に対応するものと、それと一緒に第1と第2の溝55, 56とがあり、溝はファイバの同じ側に平行に、コア3とは対向して、クラッド層領域2内で延在している。

図10ないし14に示した実施例のすべては対応する形状のプレフォームから図3と4を参照して概ね記述した方法で引き延ばして作られていることは理解できよう。図10ないし14の各実施例に対するプレフォームは図3を参照して記述した材料から作ることができ、コアの寸法はほぼ同じようになる。

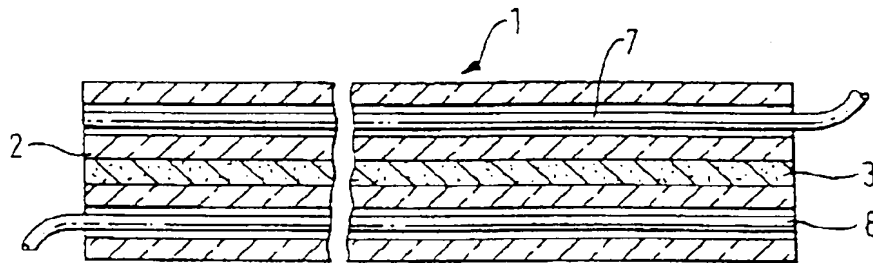
記述した発明の構造の数多くの修正と変形とが可能である。例えば共通のクラッド層内に間をあけて2つのコアを含んだデバイスを構築することが可能で、各々には図6に示した11, 12のような関係した対の溝があり、電極支持体20には複数の凸縁（トング）があってコアの各々に対する溝内にはめ合うようにするものである。

さらに、このデバイスはゲルマノシリケートファイバと関係して記述してきたけれど、この発明はこれらの材料に限定されることなく、電子光学特性を示す他の適当な材料にも使用できる。

【図1】

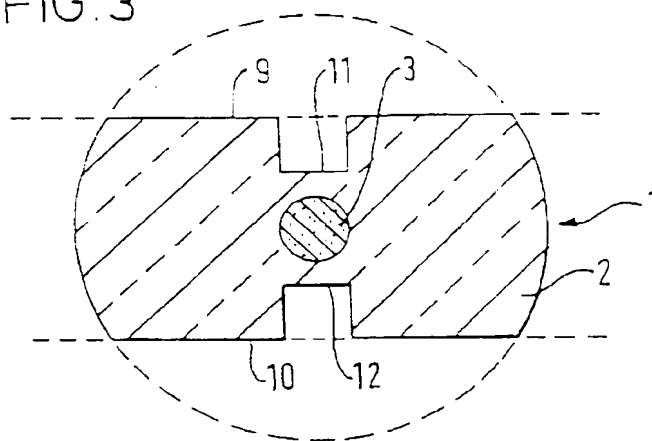
FIG. 1
先行技術

【図2】

FIG. 2
先行技術

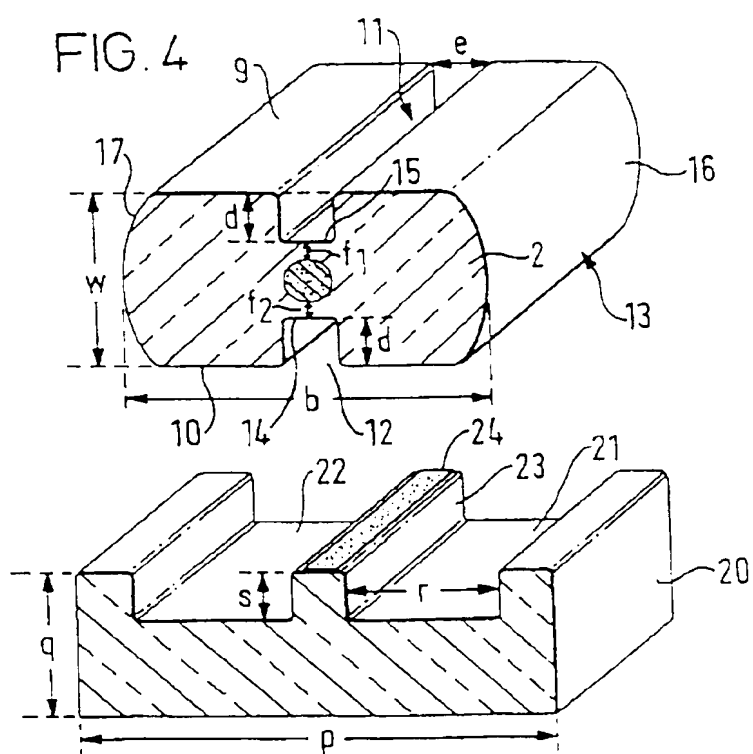
【図3】

FIG. 3



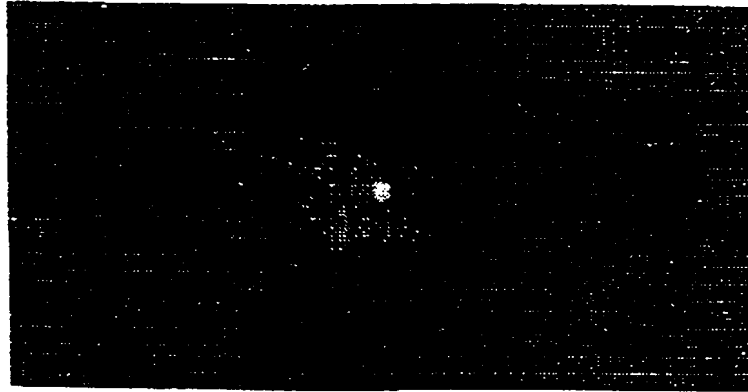
【図4】

FIG. 4

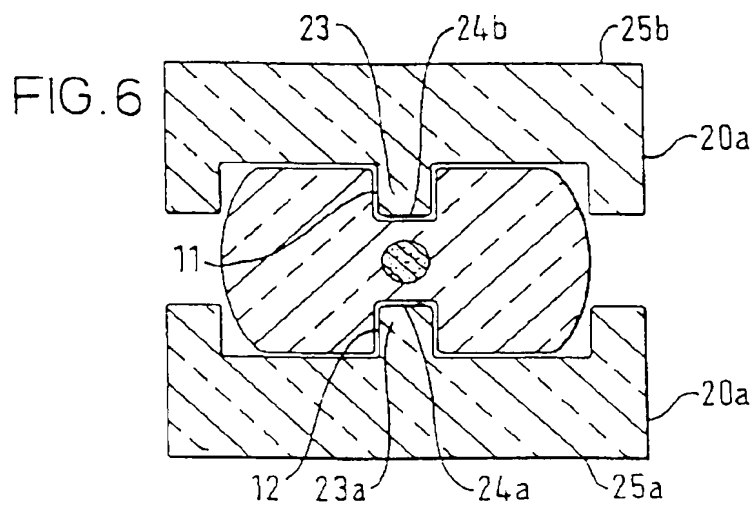


【図5】

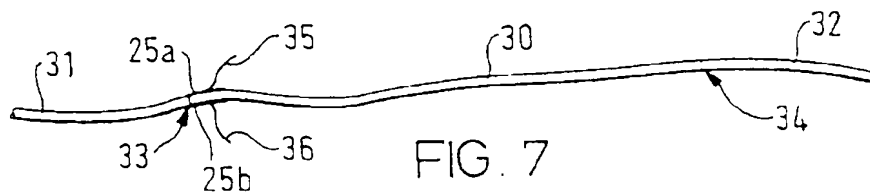
FIG. 5.



【図6】



【図7】



【図8】

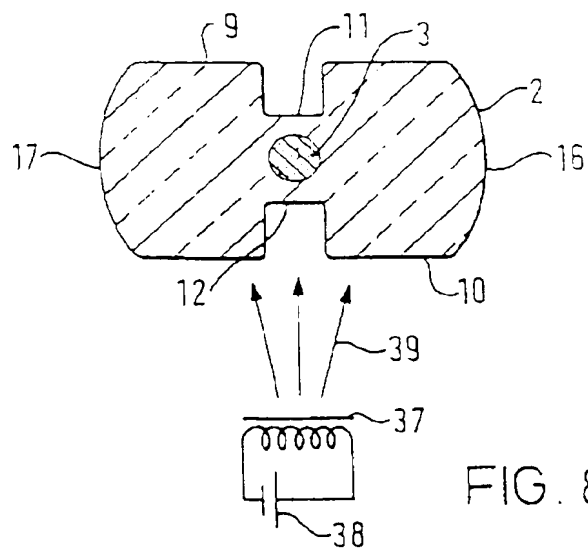


FIG. 8

【図9】

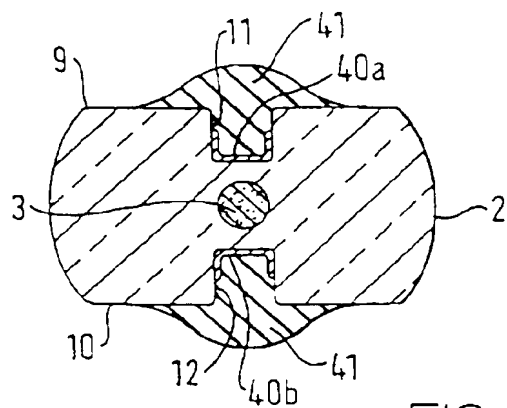


FIG. 9

【図10】

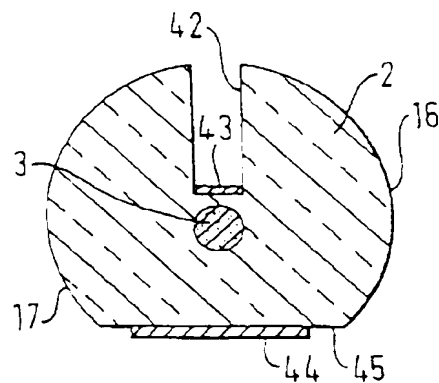


FIG. 10

【図11】

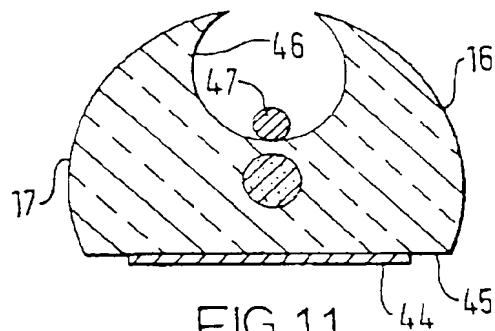


FIG. 11

【図12】

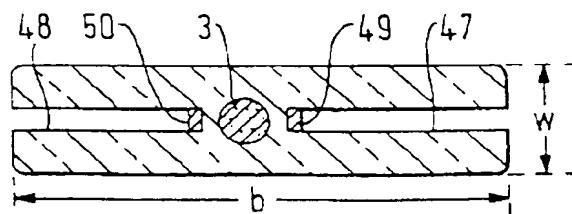


FIG. 12

【図13】

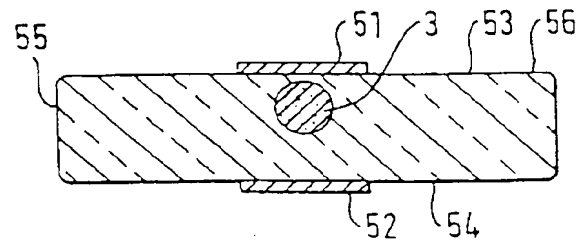


FIG.13

【図14】

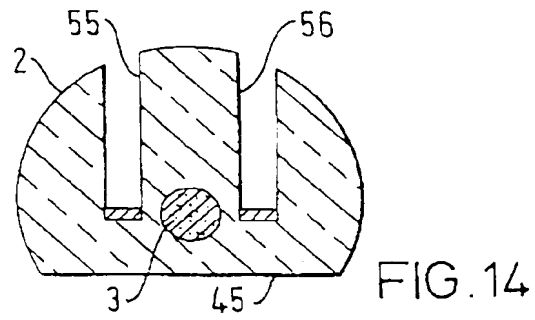


FIG.14

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

| | | |
|--|--|--|
| Intern. a. Application No. PCT/GB 97/00256 | | |
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G02F1/035 | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G02F C03B | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | APPLIED PHYSICS LETTERS, 16 JAN. 1995, USA, vol. 66, no. 3, ISSN 0003-6951, pages 274-276, XP002005429 MARX J M ET AL: "Low-loss strain induced optical waveguides in strontium barium niobate (Sr/sub 0.6/Ba/sub 0.4/Nb/sub 2/0/sub 6/) at 1.3 mu m wavelength" cited in the application see page 274, left-hand column, last paragraph; figure 1 see page 275, left-hand column, paragraph 2 | 23 |
| A | --- -/-- | 1,8 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. | | |
| * Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "d" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 18 April 1997 | | Date of mailing of the international search report 07.05.97 |
| Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 cpo nl Fax (+31-70) 340-3016 | | Authorized officer Hylla, W |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/GB 97/00266

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| X | EP 0 193 852 A (BORNER MANFRED PROF DR; MULLER REINHARD DIPL ING (DE); TROMMER GER) 10 September 1986 see abstract; figures 30,31,34 see page 35, paragraph 3 see page 37, paragraph 5 - paragraph 6; claims 37,43,44 | 23 |
| A | --- | 15-17 |
| X | EP 0 540 386 A (THOMSON CSF) 5 May 1993 see column 4, line 35 - line 48; figures 5A-C | 21 |
| A | --- | 20 |
| A | US 5 265 178 A (BRAUN STEVEN W ET AL) 23 November 1993 cited in the application see column 3, line 38 - line 59 see column 4, line 6 - line 25; figure 2 | 1,23 |
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 354 (P-638), 19 November 1987 & JP 62 133423 A (SUMITOMO SPECIAL METALS CO LTD), 16 June 1987, see abstract; figure | 1,23 |
| A | --- | |
| A | GB 2 241 348 A (BRITISH TELECOMM) 28 August 1991 see claims; figures 7,8 | 1,23 |
| A | --- | |
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 180 (P-864), 27 April 1989 & JP 01 010212 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 13 January 1989, see abstract; figure | 1,10 |
| A | --- | |
| A | WO 90 08970 A (PLESSEY OVERSEAS) 9 August 1990 see abstract see claims 1,3,7,8; figures 1,5 | 1,10 |
| A | --- | |
| A | WO 87 07255 A (BIRCH ROBIN DAVID ;LI LUKSUN (GB); PAYNE DAVID NEIL (GB); WYLANGOW) 3 December 1987 see abstract; figure 2 | 20,21 |
| | ----- | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/GB 97/00266

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0193852 A | 10-09-86 | DE 3506569 A | 28-08-86 |
| | | DE 3687466 A | 25-02-93 |
| | | WO 8604999 A | 28-08-86 |
| | | JP 6010685 B | 09-02-94 |
| | | JP 62501937 T | 30-07-87 |
| | | US 4799749 A | 24-01-89 |
| EP 0540386 A | 05-05-93 | FR 2683053 A | 30-04-93 |
| | | US 5309540 A | 03-05-94 |
| US 5265178 A | 23-11-93 | NONE | |
| GB 2241348 A | 28-08-91 | NONE | |
| WO 9008970 A | 09-08-90 | EP 0408715 A | 23-01-91 |
| | | JP 3504772 T | 17-10-91 |
| WO 8707255 A | 03-12-87 | EP 0270591 A | 15-06-88 |
| | | GB 2192289 A | 06-01-88 |